



TITLE:

非線形フィルタ理論に基づくデータ同化手法を応用した洪水予測手法に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

辻倉, 裕喜

CITATION:

辻倉, 裕喜. 非線形フィルタ理論に基づくデータ同化手法を応用した洪水予測手法に関する研究. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20321>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	辻倉 裕喜
論文題目	非線形フィルタ理論に基づくデータ同化手法を応用した洪水予測手法に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、洪水到達時間が短く水位・流量観測データが乏しい中小河川や河川流況が時々刻々と複雑に変化する大河川を対象とし、予測誤差の要因となる水位・流量曲線を介さず、水工シミュレーションモデルに非線形フィルタを導入して実時間で河川水位を予測する手法を開発したものであり、7章からなる。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の主題である河川水位の実時間予測手法について現状と課題を示すとともに、本論文の目的と構成を示している。</p> <p>第2章では、非線形フィルタ理論に基づくデータ同化手法として、拡張カルマンフィルタ、アンセンテッドカルマンフィルタ、アンサンブルカルマンフィルタ、粒子フィルタの理論および計算アルゴリズムについて記述し、各手法の特徴や長所・短所を踏まえた上で、洪水予測分野への適用性を比較・検討して、次章以降の水位予測手法の開発に使用するフィルタリング手法を比較・検討している。</p> <p>第3章では、洪水到達時間の短い中小河川流域を対象とし、観測水位を用いてデータ同化手法を適用しながら降水量から河川水位を予測する実時間水位予測システムを開発して、その適用性を検討している。水位予測手法として、水工現場での利用実績の高い貯留関数法と水位流量関係式を組み合わせた水位予測モデルを開発し、水位予測モデルのモデル定数を自己回帰モデルで表現した。データ同化手法としては、洪水到達時間が短い中小河川流域を対象とすることを考慮して、複雑な非線形モデルにも対応できかつ計算負荷の低いアンセンテッドカルマンフィルタを採用している。開発した実時間水位予測システムを、急流河川の土器川と緩流河川の旧吉野川に適用し、予測水位の再現性、モデル定数の推定結果、流量の推定結果を分析して、新たに開発した実時間水位予測システムが実流域に適用できることを確認した。</p> <p>第4章では、第3章で用いた貯留関数法のモデルパラメータの洪水ごとの変化要因を分析し、降雨流出予測の精度向上を図っている。まず、西日本の山地流域を対象として18ダム流域の洪水低減部のダム流入量を分析し、流域面積の関数として貯留関数法のモデル定数の推定式を求めた。次に、このモデル定数推定式を用いて貯留関数法のモデル定数および流出係数を自己回帰モデルで表現し、第3章と同様にアンセン</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	辻倉 裕喜
<p>テッドカルマンフィルタを用いた降雨流出予測システムを開発した。開発した降雨流出予測システムを青蓮寺ダム流域、竜門ダム流域、鶴田ダム流域に適用し、ダム流入量の再現性が高いことを示すとともに、ダム流入量の予測精度を向上させるために貯留関数法のモデル定数と流出係数を逐次推定することが必要であることを示した。</p> <p>第5章では、淀川三川合流部の複雑な河川流況を実時間予測するために、一次元不定流モデルで表現した洪水追跡モデルと粒子フィルタを組み合わせた水位予測システムを開発し、本手法の適用性を検討している。時々刻々補正する状態量として淀川三川の河川流量と残流域からの側方流入量に対する補正係数、さらに不定流モデルの粗度係数に対する補正係数を考え、八幡地点（木津川）、納所地点（桂川）、淀地点（宇治川）等の河川水位を予測するシステムを開発した。次に、補正対象とする状態量の選択方法、粒子の個数、フィルタリングに用いる観測情報の地点数が予測結果に与える影響を分析し、実務的な実時間水位予測システムを構築する上での課題を整理してその対応方法を検討した。その結果、上記の設定条件の違いにより予測水位の結果は異なること、予測計算に要する計算負荷を考慮して適切なモデル状態量の設定および粒子数を検討する必要があること、系全体の予測精度を向上させるためには多地点での観測情報を導入したフィルタリング手法が有効であることを示した。</p> <p>第6章では、河口砂州崩壊の影響を受ける河川最下流区間での水位を実時間で予測するために、一次元不定流モデルとフィルタリング手法を組み合わせた水位予測システムを開発し、熊野川下流域に適用した。この予測システムでは、対象河川区間下流端の河床変動高を時々刻々と推定することで、砂州崩壊の予測水位への影響を考慮しつつ河川水位を適切に予測することに成功している。フィルタリング手法として粒子フィルタおよびアンセンテッドカルマンフィルタを適用した予測結果を比較し、推定された下流端での河床変動高の妥当性、河口砂州フラッシュ後の計算流量と流量観測値との整合性、予測水位と観測水位の適合性、状態推定値の信頼性などの観点による比較から、河床高の急激な変化を伴う河川区間の水位予測には粒子フィルタの適用性が高いことを見出した。</p> <p>第7章は結論であり、本論で得られた研究成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、洪水到達時間が短く水位・流量観測データが乏しい中小河川や、河川流況が時々刻々と複雑に変化する大河川を対象とし、予測誤差の要因となる水位・流量曲線を介さず、水工シミュレーションモデルに非線形フィルタを導入して実時間で河川水位を予測する手法を開発したものであり、得られた主な研究成果は次のとおりである。

1) 計算負荷の低い非線形フィルタであるアンセンテッドカルマンフィルタと水位予測モデルとを組み合わせ、時々刻々得られる観測水位データによる同化計算を組み込んだ実時間水位予測システムを開発し、急流河川と緩流河川を対象として本手法の適用性を確認した。

2) 降雨流出モデルのモデル定数の洪水ごとの変化要因を多数のダム流域で分析し、これらのモデル定数等をアンセンテッドカルマンフィルタにより時々刻々推定しつつダム流入量を予測する降雨流出予測システムを開発し、山地流域のダム流入量予測の精度向上を図った。

3) 低平地河川の実時間水位予測を実現するために、不定流モデルによる洪水追跡計算手法と粒子フィルタによるデータ同化手法とを組み合わせた実時間水位予測手法を開発し、状態量の選択方法、粒子個数、フィルタリングに用いる観測情報の地点数が予測結果に与える影響を分析して、実務的な水位予測システムを構築する上での課題を整理し対応方法を示した。

4) 河口砂州崩壊による急激な水位変動を考慮する実時間水位予測手法として、不定流モデルと粒子フィルタおよびアンセンテッドカルマンフィルタを組み合わせた水位予測手法を開発した。河川区間下流端の河床変動高を時々刻々と推定することで、砂州崩壊の予測水位への影響を考慮しつつ河川水位を適切に予測することに成功するとともに、粒子フィルタを組み合わせた水位予測手法の適用性が高いことを示した。

以上のように、本論文は、水位・流量観測データが乏しい中小河川や河川流況が時々刻々と複雑に変化する大河川を対象として、河川水位を実時間で予測する手法を開発し実流域に適用してその適用性を検討したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年1月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。